

СВЕДЕНИЯ О БЕТОНЕ



БЕТОН- искусственный камень, полученный в результате

- ✓ тщательного подбора состава,
- ✓ перемешивания,
- ✓ транспортирования
- ✓ укладки
- ✓ уплотнения и
- ✓ твердения бетонной смеси, состоящей из **ВЯЖУЩЕГО, КРУПНОГО и МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ, ВОДЫ и ДОБАВОК**, улучшающих свойства бетона.



СМОТРИТЕ на <http://www.youtube.com/>

- Суперсооружения. Бетон.
- Удобный город. Нанотехнологии в строительстве

Классификация бетонов

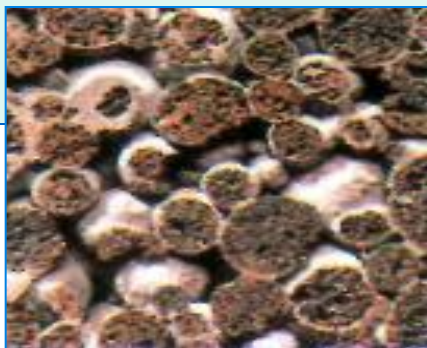
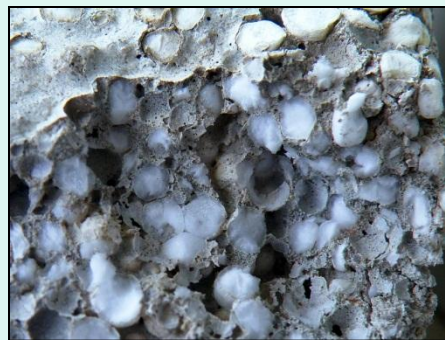
Признак классификации	Вид бетона	Определения
По основному назначению	Конструкционные	Бетоны конструкций, зданий и сооружений, к которым предъявляются требования, характеризующие механические свойства
	Функциональные	Бетоны, к которым предъявляются функциональные требования в соответствии с условиями эксплуатации конструкций
	Конструкционно-функциональные	Бетоны конструкций, зданий и сооружений, к которым помимо требований, характеризующих механические свойства, предъявляются функциональные требования, учитывающие условия их эксплуатации (теплоизоляционные, жаростойкие, химически стойкие, коррозионно-стойкие, декоративные, радиационно-защитные, напрягающие, с компенсированной усадкой, гидротехнические)
По средней плотности (объемной массе)	Особо легкие	Бетоны средней плотностью менее 500 кг/м ³
	Легкие	Бетоны на вяжущих и пористых заполнителях, средней плотностью до 2000 кг/м ³
	Тяжелые (обычные и мелкозернистые)	Бетоны на плотных крупных и мелких заполнителях, средней плотностью от 2000 до 2600 кг/м ³
	Особо тяжелые	Бетоны средней плотностью более 2600 кг/м ³
По виду вяжущего	На цементных, в том числе композиционных вяжущих	Бетоны на цементах, в т.ч. на основе портландцементного клинкера в соединении с различными минеральными добавками (портландцементы, шлакопортландцемент, сульфатостойкие, белые и цветные портландцементы, ТМЦ, ВНВ и т.д.), цементы на основе или с содержанием глиноземистого клинкера (глиноземистый, напрягающий, безусадочный и т.д.)
	На силикатных (известковых) вяжущих	Бетоны на основе известковых вяжущих автоклавного твердения, включающих в себя известь в сочетании с кремнеземистыми добавками (кварцевый песок, шлаки, золы и т.д.)
	На шлаковых вяжущих	Бетоны на шлакощелочных вяжущих, шлаках или золах, активизированных известью или цементом, или гипсом
	На гипсовых вяжущих	Бетоны на основе полуводного (строительного) гипса, ангидрида, гипсоцементнопуццоланового вяжущего
	На специальных вяжущих	Бетоны на основе неорганических и органических вяжущих (серные, полимерные, фосфатные, магнезиальные, жидкостекольные и т.д.)

Классификация бетонов

Признак классификации	Вид бетона	Определения
По виду заполнителей	На плотных заполнителях	Бетоны на заполнителях из плотных горных пород или плотных шлаков
	На особо плотных заполнителях	Бетоны на заполнителях из рудосодержащих горных пород, чугунного скрапа, металлических стружек и т.д.
	На пористых заполнителях	Бетоны на искусственных и природных крупных и мелких пористых заполнителях и (или) крупных пористых и мелких плотных заполнителях
По крупности заполнителя	Крупнозернистые	Бетоны с содержанием крупного заполнителя
	Мелкозернистые	Бетоны на мелком заполнителе с размером зерен ≤ 5 мм
По структуре	Плотной структуры	Бетоны с воздухомсодержанием до 7% и заполнением всего пространства между зернами заполнителей затвердевшим вяжущим (цементным камнем)
	Поризованной структуры	Бетоны с воздухомсодержанием более 7% и заполнением всего пространства между зернами заполнителей затвердевшим вяжущим, пено- и газообразующими, поризованным воздухововлекающими, добавками
	Ячеистой структуры	Бетоны, состоящие из затвердевшей смеси вяжущего, кремнеземистого компонента и искусственных равномерно распределенных пор в виде ячеек, образованных газом или пенообразователями
	Крупнопористой структуры	Бетоны, у которых пространство между зернами крупного заполнителя не заполнено мелким заполнителем и затвердевшим вяжущим
По условиям твердения	Твердеющий в естественных условиях	Твердение бетона в естественных условиях при положительных и отрицательных температурах без дополнительного подвода тепла
	Твердеющий при тепловлажностной обработке или при сухом прогреве	Тепловлажностная обработка при температурах до 100 °С и при атмосферном давлении или сухой прогрев при температурах до 120 °С (до 140 °С - при использовании мелких заполнителей, содержащих гидравлически активные пылевидные добавки) и атмосферном давлении
	Твердеющий в автоклавах	Термообработка в автоклавах при температурах 150-170 °С и давлении 8 атм. и более
По условиям уплотнения	Укладываемый по литевой техн.	Применяются высокоподвижные бетонные смеси, укладываемые в формы без внешнего воздействия
	Уплотняемый вибрированием	Применяются малоподвижные и жесткие бетонные смеси, укладываемые в формы с применением вибрационных воздействий
	Уплотняемый прессованием	Уплотнение бетонных смесей выполняется с применением статического нагружения
	Уплотняемый комбинированным и способами	Уплотнение бетонных смесей выполняется с одновременным воздействием динамических и статических нагрузок

Виды бетона по виду заполнителя

Вид бетона	Заполнитель	Плотность, кг/м ³
Особо легкий	Без заполнителя, полистирол...	$\rho < 500$
Легкий	Керамзит, вермикулит, аглопорит, пемза...	$\rho < 2,0$
Тяжелый (обычные и мелкозернистые)	Щебень, гравий, песок	$2 \leq \rho \leq 2,6$
Особо тяжелые	Железная руда, свинцовая дробь...	$\rho > 2,6$



Бетонные смеси и требования к ним

- **Бетонная смесь** состоит из **вяжущего** (обычно **цемент**), **мелкого** (**песок**) и **крупного** (**щебень или гравий**) заполнителей, **воды** и **добавок**, улучшающих свойства бетона.

$$Б = Ц + П + Щ(Г) + В + Д$$

- Номенклатуру и массу компонентов определяет строительная лаборатория исходя из требуемого проектом класса бетона и характеристик материалов.
- Состав бетонной смеси может быть выражен двумя способами:
- **в виде соотношения по массе** между количествами цемента (Ц), песка (П) и щебня (Щ).
Например: 1 : 2 : 4 (Ц : П : Щ) при водоцементном отношении $V/Ц = 0,6$;
- **в виде расхода материалов на 1 м³ уложенной бетонной смеси.**
Например: Ц = 300 кг, П = 600 кг, Щ = 1 200 кг, В = 180 кг.

Подбор состава бетона

- Состав бетона подбирают специальные лаборатории на основании сведений о вяжущем и заполнителях (активность цемента, наибольшая прочность гравия или цемента, модуль крупности песка) таким образом, чтобы при минимальном расходе цемента получить бетон с заданными свойствами (заданные сроки твердения, проектная марка бетона, морозостойкость, водонепроницаемость, подвижность или жесткость смеси).

Состав бетона подбирают в определенной последовательности:

- определяют значение водоцементного отношения (по графикам и таблицам) и расход цемента (Ц) и воды (В) на 1 м³ бетона;
- находят наивыгоднейшее соотношение массы песка, щебня или гравия;
- устанавливают зерновой состав заполнителей;
- определяют предварительный состав бетона;
- пробным замесом проверяют удобоукладываемость бетонной смеси (при необходимости *вносят поправки в расчет состава бетона*);
- окончательно уточняют расход материалов на 1 м³ бетонной смеси;
- готовят опытные замесы для контрольных образцов и испытывают эти образцы для определения прочности бетона. Если прочность соответствует заданной марке бетона, состав утверждают для производства.
- При подборе состава учитывают естественную влажность материалов.

Подбор состава бетона

- Рассмотрим пример подбора состава бетона М300 с $R_b = 30$ МПа и осадкой конуса 4...5 см. Материал: портландцемент активностью $R_c = 37,5$ МПа, истинной плотностью $\rho_c = 3,1$ кг/л (3100 кг/м³); песок средней крупности истинной плотностью $\rho_p = 2,63$ кг/л (2630 кг/м³); гранитный щебень предельной крупности 40 мм, истинной плотностью $\rho_{щ} = 2,6$ кг/л (2600 кг/м³) и насыпной плотностью $\rho_n = 1,48$ кг/л (1480 кг/м³).

1. Определяют В/Ц отношение:

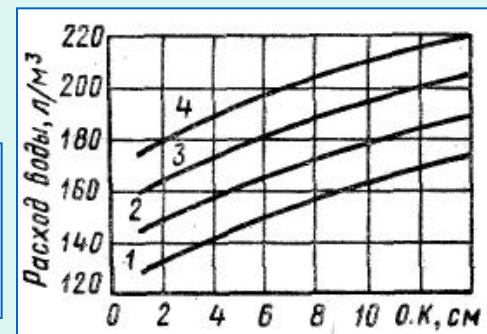
$$B/C = \frac{AR_c}{R_b + A \cdot 0,5R_c} = \frac{0,6 \times 37,5}{30 + 0,6 \times 0,5 \times 37,5} = 0,54,$$

где A — коэффициент, зависящий от качества заполнителей.

2. По графикам определяют расход воды B (в данном случае $B = 173$ л/м³).

График для определения водопотребности бетонной смеси на портландцементе:

1 — для щебня крупностью 80 мм, 2 — то же, 40 мм. 3 — то же, 20 мм, 4 — то же, 10 мм



3. Вычисляют расход цемента

$$C = \frac{B}{B/C} = \frac{173}{0,54} = 320 \text{ кг/м}^3.$$

4. Определяют пустотность щебня

$$P_{щ} = 1 - \frac{\rho_n}{\rho_{щ}} = 1 - \frac{1,48}{2,6} = 0,43.$$

5. По таблице определяют коэффициент раздвижки α , который показывает, на сколько объем растворной части (песок, цемент, вода) превышает объем пустот в щебне. Для данного случая $\alpha = 1,38$.

Расход цемента, кг/м ³	В/Ц					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	—	—	—	1,26	1,32	1,38
300	—	—	1,3	1,36	1,42	—
350	—	1,32	1,38	1,44	—	—
400	1,31	1,4	1,46	—	—	—
500	1,44	1,52	1,56	—	—	—
600	1,52	1,56	—	—	—	—

6. Определяют расход щебня:

$$Щ = \frac{1000}{\alpha \left(\frac{P_{щ}}{\rho_n} \right) + \left(\frac{1}{\rho_{щ}} \right)} = \frac{1000}{1,38 \left(\frac{0,43}{1,48} \right) + \left(\frac{1}{2,6} \right)} = 1280 \text{ кг/м}^3.$$

7. Расход песка:

$$П = \left[1000 - \left(\frac{C}{\rho_c} + B + \frac{Щ}{\rho_{щ}} \right) \right] \rho_n = \left[1000 - \left(\frac{330}{3,1} + 173 + \frac{1280}{2,6} \right) \right] \times 2,63 = 587 \text{ кг/м}^3.$$

Таким образом определили состав на 1 м³ (1000 л) бетона:

$$C + П + Щ + B = 330 + 587 + 1280 + 173 = 2375 \text{ кг.}$$

Свойства бетонной смеси

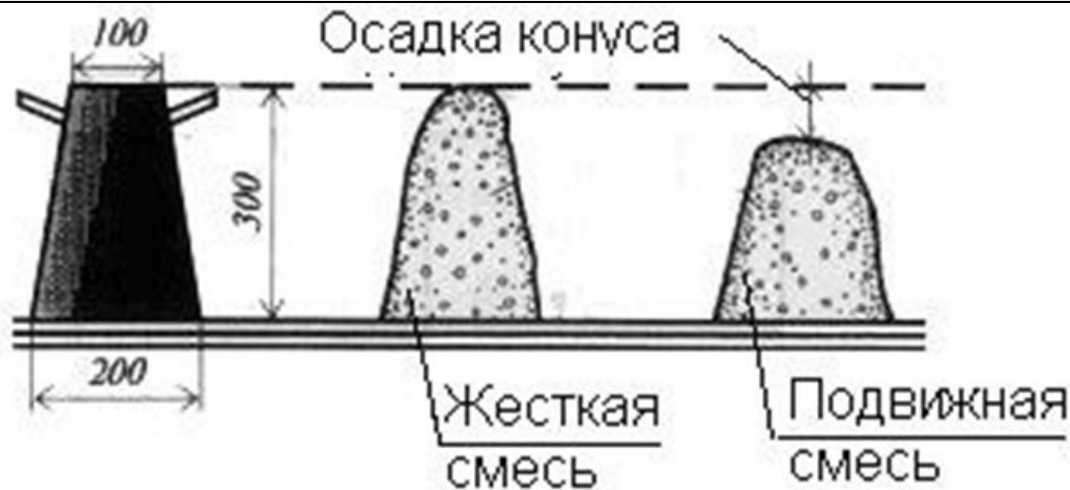
СВЯЗНОСТЬ — способность бетонной смеси сохранять свою однородность при транспортировании, погрузке, выгрузке, укладке и уплотнении.

То есть бетон не должен расслаиваться. Необходимое для определенной консистенции количество цементного клея зависит в основном от гранулометрического состава (ситовой линии) заполнителя.

Богатые песком заполнители, например, для достижения одинаковой консистенции требуют больше цементного клея, чем менее богатые песком заполнители.

Форма зерен и шероховатость их поверхности определяют требуемое количество бетонного клея. Смеси одинаковых ситовых линий из недробленого заполнителя для достижения одинаковой консистенции требуют меньшего количества цементного клея, чем заполнители из дробленого материала.

Повышенное содержание цементного клея повышает риск образования усадочных трещин. **Уменьшить количество цемента не снижая связности и подвижности бетонной смеси можно добавкой пластификатора (по норме) или золы - унос.**



Удобоукладываемость бетонной смеси



Водоотделение и расслоение в бетонной смеси.
<https://www.youtube.com/watch?v=WOxsLkm2RG4>
Передозировка пластификатора - одна из причин расслоения и водоотделения бетонной смеси

Свойства бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси характеризуется :
ПОДВИЖНОСТЬЮ или ЖЁСТКОСТЬЮ

При **ИСПЫТАНИЯХ ПОДВИЖНОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ** (испытания на осадку) резервуар в форме усеченного конуса высотой 30 см заполняется бетоном в три слоя, уплотняется по 25 ударов рейки каждый слой, после чего форма снимается. Время от заполнения формы до ее снятия должно составлять не более 150 секунд. Бетон осаживается после снятия формы, сохраняя очертания усеченного конуса. Величиной осадки конуса является расстояние от верхней грани резервуара до верхней части осевшего конуса из бетона.

ПОДВИЖНОСТЬ БЕТОННОЙ СМЕСИ выражается в **СМ осадки конуса**.

Испытания подвижности бетонной смеси проводятся для мягких и пластичных бетонов.

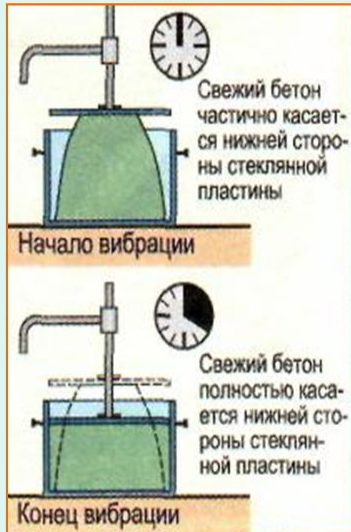


Снятие формы



Измерение разности высот

Получение величины осадки конуса



Показатель **ЖЁСТКОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ** определяют на приборе ВЕБЕ (определение по времени осадки)

металлическая форма в виде усеченного конуса заполняется, как и при испытаниях подвижности бетонной смеси, после чего она снимается с образца. Образец стоит в сосуде. Стеклянная пластина, которая может свободно двигаться в вертикальном направлении на рычаге, устанавливается на поверхность бетона. После этого включается вибростол. Время осадки (**в секундах**) — это время до того, как стеклянная пластина будет полностью соприкасаться с поверхностью бетона.

ЖЁСТКОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ выражается в **СЕКУНДАХ ее вибрирования**

Испытания Вебе подходят для бетона с жесткой и жесткопластичной консистенцией.

для изготовления бетонных и железобетонных конструкций

Показатель жесткости, с	Осадка конуса, см	Вид конструкции и методы изготовления
80-100	0	Кольца канализационные, трубы, блоки, формуемые с немедленной распалубкой
60-80	0	Стеновые панели, пустотелые перекрытия, формуемые в горизонтальном положении с вибропригрузом
45-60	0	Колонны, ригели, прогоны, блоки, плиты, формуемые на виброплощадке без пригруза
15-30	0-2	Плоские или ребристые плиты покрытий стеновых блоков, формуемые на одночастотных виброплощадках
50-60	0	То же, на двухчастотных виброплощадках
15 и менее	2-6	Тонкостенные конструкции, сильнонасыщенные арматурой, формуемые на виброплощадках

Ориентировочный расход воды на 1 м³ бетонной смеси на плотных заполнителях при температуре смеси 20 °С

Смесь	Жесткость, с	Подвижность ОК, см	Расход воды, л/м ² , при крупности, мм							
			гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж4	31 и более	-	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж3	21-30	-	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж2	11-20	-	165	150	135	130	175	165	150	155
Ж1	5-10	-	175	160	145	140	185	175	160	155
П1	1-4	4	190	175	160	155	200	190	175	170
П2	-	5-9	200	185	170	165	210	200	185	180
П3	-	10-15	215	205	190	180	225	205	200	190
П4	-	16 и более	225	220	205	195	235	230	215	205

ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия (с 01.01.2012)

11.2 Гарантии производителя (поставщика) бетонной смеси должны быть подтверждены:

- для смесей заданного качества:

1) протоколами определения технологических показателей качества бетонных смесей при подборе их состава и проведении операционного и приемо-сдаточного контроля,

2) протоколами определения нормируемых показателей качества бетона в проектном возрасте;

- для смесей заданного состава:

1) документами о качестве материалов, использованных при приготовлении бетонной смеси,

2) "распечатками" фактических составов бетонной смеси каждого замеса.

Примечание - За качество бетонной смеси, приготовленной на строительной площадке для собственного использования (по 3.2), отвечает ее производитель.

5.1.4 В зависимости от показателя удобоукладываемости бетонные смеси подразделяют на марки в соответствии с таблицами 1-4.

Таблица 1 - Марки по расплыву конуса*

Марка	Расплыв конуса, см
P1	Менее 35
P2	35-41
P3	42-48
P4	49-55
P5	56-62
P6	Более 62

<p>НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ</p> <p>Стандарт организации</p>
<p>Конструкции монолитные бетонные и железобетонные</p>
<p>ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ, ПРАВИЛА И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ</p>
<p>СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011</p>
<p>ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ</p>
<p>Москва 2011</p>

Приложение К СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011

(справочное)

Марки бетонных смесей по удобоукладываемости

(от Ж-5 до P6 по ГОСТ 7473)

Таблица К.1 – Марки бетонных смесей по удобоукладываемости

Марка по удобоукладываемости	Значения показателей		
	Жесткости, с	Осадки конуса, см	Диаметра распыла, см
Ж-5	51 и более		
Ж-4	31 – 50		
Ж-3	21 – 30		
Ж-2	11 – 20		
Ж-1	5 – 10		
П-1		1 – 4	
П-2		5 – 9	
П-3		10 – 15	
П-4		16 – 20	
П-5		21 и более	
P1			Менее 35
P2			35 – 41
P3			42 – 48
P4			49 – 55
P5			56 – 62
P6			63 и более
СУ1			55 – 65
СУ2			66 – 75
СУ3			76 – 85

	НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ Стандарт организации
	Конструкции монолитные бетонные и железобетонные
	ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ, ПРАВИЛА И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ
	СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011
	ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Технические требования к производству работ, правила и методы контроля

Все строители должны знать этот документ и соблюдать стандарты Ностроя.

Все строители и проектировщики – члены СРО, а производители товарного бетона нет

Новая редакция ГОСТ 10181-2000 Смеси бетонные. Методы испытаний - ГОСТ 10181-2014 (**ПРОЕКТ**, он вступит в силу примерно через год-два). В новом ГОСТе показывается, как будет определяться подвижность P1...P6

Новый конус высотой 200мм, диаметры 200 и 130мм соответственно сверху и снизу. Специальный шок-стол, на котором будут проводить испытания (формование, сьем конуса, 15 падений стола, делать замеры по РАСПЛЫВУ. Так в европейских нормах.

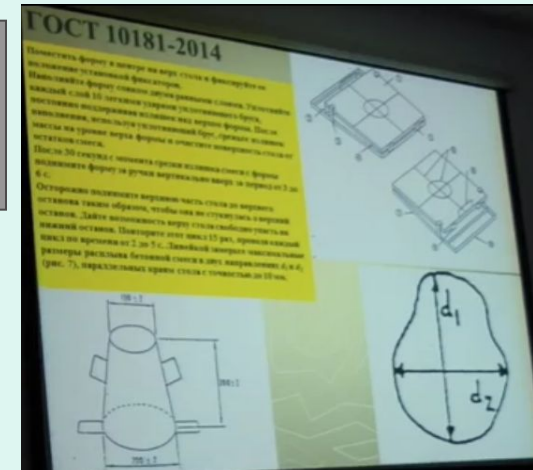


Таблица К.2 – Рекомендуемые марки бетонной смеси по удобоукладываемости на объекте

Вид конструкции	Марка по удобоукладываемости
Подготовка под фундаменты и полы, основания дорог и аэродромов	Ж1, П1
Полы, покрытия дорог и аэродромов, массивные или малоармированные конструкции	П1
Массивные армированные конструкции, плиты, балки	П1, П2
Колонны массивные	П2
Сильноармированные конструкции горизонтальные	П2, П3
вертикальные	П3, П4
Конструкции, бетонируемые в скользящей опалубке	П2, П3
Бетонные или малоармированные железобетонные конструкции – плиты перекрытий, трубопроводы, облицовки туннелей, фундаменты Они же, бетонируемые без уплотнения бетонной смеси	П5, P1 – P6
Массивные сильноармированные конструкции, плиты, балки, колонны Они же, бетонируемые без уплотнения бетонной смеси	P4-P6
Сильноармированные конструкции, бетонируемые без уплотнения бетонной смеси	CY1 CY2 CY3
При подаче бетонной смеси по бетоноводам с применением бетононасосов или пневмонагнетателей	П3, П4 и выше
Конструкции с качеством поверхности после распалубки А2	CY1, CY2

Примечание – Потеря подвижности бетонной смеси составляет ориентировочно от 2 до 5 см О.К. на 10 км пути или от 1 до 5 см О.К. на каждые 30 мин в зависимости от вида смеси, температуры и скорости движения.

На самоуплотняющиеся бетоны пока нет никаких нормативных документов, кроме стандарта Ностроя, где содержатся рекомендации для каких конструкций использовать смеси по подвижности

Фазы твердения бетона

При смешении составных частей бетона из воды и цемента образуется **БЕТОННЫЙ КЛЕЙ (ЦЕМЕНТНОЕ ТЕСТО)**, который полностью обволакивает зерна заполнителя и заполняет пространство между ними. При твердении цементного клея возникает **СВЕЖИЙ БЕТОН** и **ТВЕРДЫЙ БЕТОН**. Так как для твердения необходима вода, говорят о **ГИДРАТАЦИИ**.

Процесс твердения бетона происходит в три фазы: **СХВАТЫВАНИЕ**, **ЗАТВЕРДЕВАНИЕ** и **НАБОР ПРОЧНОСТИ**. В течение этого процесса образуются кристаллы, связывающие воду. В этом физико-химическом процессе высвобождается тепло (гидратационное тепло).

СХВАТЫВАНИЕ начинается непосредственно после смешивания составляющих частей. Цементные зерна связываются по своей поверхности с частью воды в **ГИДРАТ**, который называют **ЦЕМЕНТНЫМ ГЕЛЕМ**.

При **ЗАТВЕРДЕВАНИИ** гидраты срачиваются друг с другом все больше и больше и частично перекрывают пустоты между цементными зернами, называемые гелевыми порами. Одновременно из цементного геля образуются шестиугольные кристаллы, и пластичное цементное тесто затвердевает. Затвердевание может начинаться **не ранее 45 мин** после смешивания.



НАБОР ПРОЧНОСТИ начинается с образования длиноволокнистых кристаллов (игольчатых кристаллов), которые соединяются своими волокнами друг с другом и, таким образом, образуют прочную структуру. Так из цементного геля образуется цементный камень.

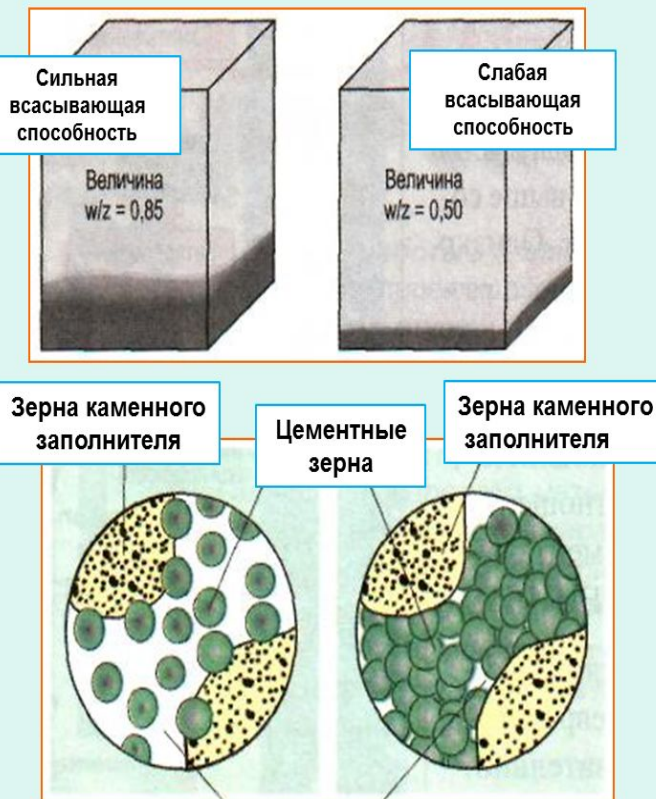
При наборе прочности зерна заполнителя фиксируются в своем положении. Набор прочности или гидратация оканчивается, когда все цементные зерна превращаются в цементный камень. Этот физико-химический процесс может продолжаться очень долго. □



Для окончательной гидратации необходимо наряду с созданием определенных температурных условий обеспечить бетон **достаточным количеством воды**. Например, портландцемент требует количество воды около 40% от его веса. Из этого количества около 25% связывается химически, около 15% остается в кристаллизации. Гидратация при высоких температурах протекает ускоренно, так как при этом быстрее могут образовываться длиноволокнистые гидраты. Следствием этого является более высокая начальная прочность. При низких температурах гидратация замедляется, поэтому начальная прочность достигается позже. **При температурах ниже 5 °С гель уже не может образовываться.**

При досрочном высыхании бетона образование геля прерывается. Бетон «усыхает от жажды». Он не достигает **требуемой конечной прочности**, что например, видно по отслоению песка на поверхности бетона. Слишком малое количество воды, кроме того, может привести к уменьшению объема цементного геля, т.е. к усадкам. При этом вода высыхает в порах геля. Усадка тем больше, чем выше составляющая геля в общем объеме бетона. Однако если снова будет добавлена вода, то говорят о разбухании, т.е. об увеличении объема. Во всяком случае, разбухание значительно меньше усадки. **Изменения объема могут привести к напряжениям в бетоне и к ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЮ.**

Бетон с различными значениями В/Ц



Капиллярные поры в бетоне

Отношение по массе количества воды к количеству цемента называют **ВОДОЦЕМЕНТНЫМ ОТНОШЕНИЕМ**:

Водоцементное отношение (В/Ц) = масса воды (кг)/масса цемента (кг);

Наиболее прочная структура образуется при водоцементном отношении, равном 0,4.

При высоких водоцементных отношениях пространство между двумя цементными зернами так велико, что оно не может быть заполнено при полной гидратации цемента. Остается **ИЗБЫТОЧНАЯ ВОДА**, которая испаряется и оставляет **ПУСТОТЫ**.

Эти пустоты, называют также **ПОРАМИ** или **КАПИЛЛЯРАМИ**.

✓ Капилляры в бетоне вследствие высокого содержания воды и цемента ведут к **УМЕНЬШЕНИЮ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ** затвердевшего бетона.

бетон с В/Ц = 0,75 имеет только половину прочности бетона с В/Ц = 0,40.

✓ Прибавляется также способность бетона всасывать воду. Это приводит в железобетоне к **ОПАСНОСТИ КОРРОЗИИ** арматуры.

для защиты арматуры от коррозии следует выдерживать значение **В/Ц до 0,60**.

✓ Слишком высокое содержание цемента в бетоне, кроме того, не только не экономично, но и невыгодно, потому что цемент при твердении усаживается. При этом повышается опасность **ОБРАЗОВАНИЯ УСАДОЧНЫХ ТРЕЩИН**.

Прочность бетона

Прочность бетона R_b зависит главным образом от следующих показателей:

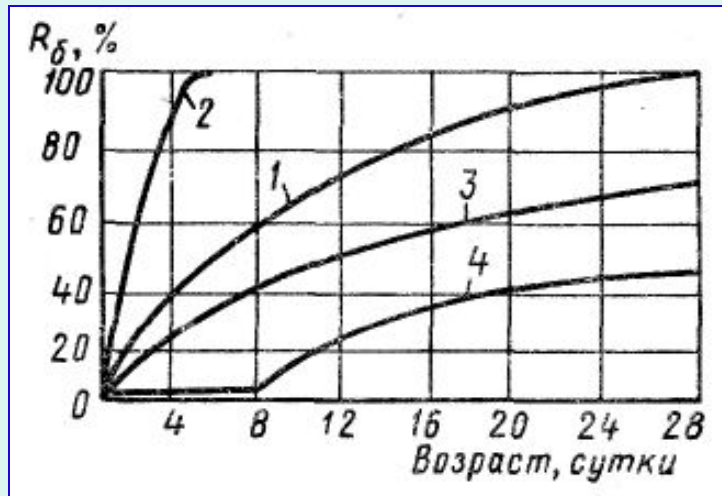
- Качества заполнителей A ,
- активности R_c (марки цемента),
- его количества цемента C ,
- водоцементного отношения B/C .

$$R_b = A \cdot R_c (C/B - 0,5)$$

Увеличение прочности бетона в зависимости от водоцементного отношения

Водоцементное отношение	Прочность бетона, %, в зависимости от R_{28} для смесей жесткостью, с								
	20-30 и менее			60-120			150		
	Возраст, сут								
	1	3	7	1	3	7	1	3	7
0,6	10-15	30-40	55-65	15-20	35-45	60-70	25-30	40-50	65-75
0,5	15-20	35-45	60-70	20-25	40-50	65-75	25-30	45-55	70-80
0,4	20-25	45-55	70-80	25-30	50-60	70-80	30-35	50-60	75-85
0,3	25-30	50-60	75-85	30-35	75-85	75-85	35-40	55-65	80-90

Кроме того, на прочность бетона оказывают влияние способы перемешивания, доставки, укладки бетонной смеси, условия и продолжительности твердения и др. факторы.



Влияние температуры окружающей среды на интенсивность набора прочности бетона

- 1- при нормальных условиях 15...20 °C,
- 2- при 40 °C, 3 - при 12 °C,
- 4 -при замораживании и дальнейшем оттаивании

Классы и марки бетонов

Классы бетона по прочности на сжатие

Классы бетона по прочности	Средняя прочность бетона данного класса, кгс/см ²	Ближайшая марка бетона по прочности
Сжатие		
B0,35	5,01	M5
B0,75	10,85	M10
B1	14,47	M15
B1,5	20,85	M25
B2	28,94	M25
B2,5	32,74	M35
B3,5	45,8	M50
B5	65,5	M75
B7,5	98,2	M100
B10	130,97	M150
B15	196,5	M200
B20	261,9	M250
B22,5	294,5	M300
B25	327,4	M350
B30	392,9	M400
B35	458,4	M450
B40	523,9	M550
B45	589,4	M600
B50	654,8	M700
B55	720,3	M700
B60	785,8	M800
B65	851,5	M900
B70	917,0	M900
B75	932,5	M1000
B80	1048,0	M1000

Примечание. В таблицу не добавлены бетоны класса B90 и B100

Для перехода от класса бетона к средней прочности бетона(МПа) необходимо В разделить на 0,778. Например, для для класса B5 средняя прочность $5 / 0,778 = 6,43$ МПа

Класс бетона	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B22,5	B25	B27,5
Марка бетона	M50	M75	M100	M150	M150	M200	M250	M300	M350	M350
	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B65	B70	B75
	M400	M450	M550	M600	M700	M700	M800	M900	M900	M1000

Классы бетона по прочности на растяжение

Классы бетона по прочности	Средняя прочность бетона данного класса, кгс/см ²	Ближайшая марка бетона по прочности
Осевое растяжение		
Bt0,4	5,2	P5
Bt0,8	10,5	P10
Bt1,2	15,7	P15
Bt1,6	20,9	P20
Bt2,0	26,2	P25
Bt2,4	31,4	P30
Bt2,8	36,7	P35
Bt3,2	41,9	P40
Bt3,6	47,2	P45
Bt4,0	52,4	P50

Приспособление УРИ
Предназначено для испытания на растяжение при изгибе бетонных балочек 100x100x400мм по ГОСТ 10180-90.

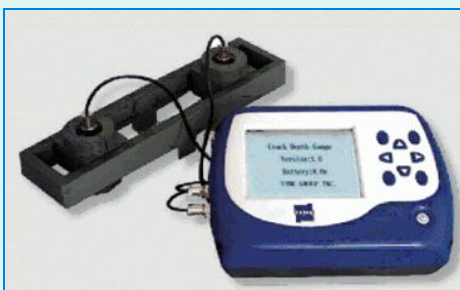


ВЛАГОМЕРЫ



Контроль за твердением бетона

Важнейшими факторами, оказывающими влияние на качество бетона на данном этапе, являются условия и длительность твердения. **Условия твердения считают нормальными, если бетон находится в теплой и влажной среде.** При преждевременном высыхании или замерзании взаимодействие цемента с водой прекращается, что отрицательно сказывается на строении и свойствах бетона.

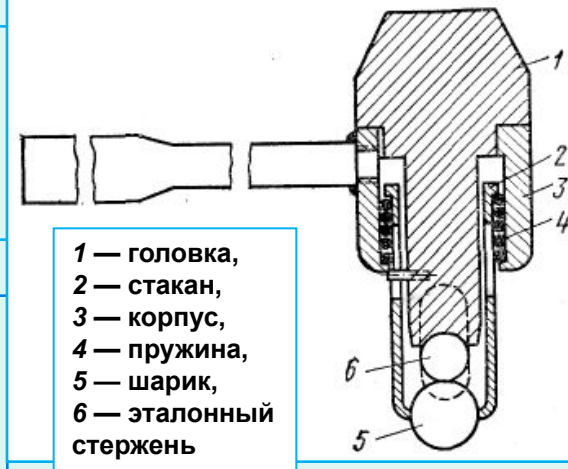


Измеритель глубины трещины в бетоне TC200 предназначен для измерения глубины трещины в бетоне на основе принципа акустической дифракции. В то же самое время, также используется для измерения скорости распространения ультразвуковой волны в бетоне. Этот прибор интеллектуальное оборудование для неразрушающего контроля, обладающее функциями автоматического обнаружения, сохранения и вывода данных.

Неразрушающие методы контроля прочности бетона:

с помощью ультразвука, методом упругого отскока, методом пластических деформаций с помощью эталонных молотков с шариком 5 по размерам вмятин на бетоне и на эталонном стержне 6.

Молоток Кашкарова — инструмент предназначенный для определения прочности ЖБИ, либо монолитного железобетона. Состоит из сменного металлического стержня с известной прочностью (эталонный стержень), индентора (шарика), стакана, пружины, корпуса с ручкой и головки. Согласно ГОСТ 22690-88 длина молотка 300 мм, вес 0,9 кг. Принцип действия: молотком наносится удар по поверхности бетона. При помощи углового масштаба или измерительной лупы замеряется размер отпечатков, получившихся на бетоне и стержне. Зная прочность стержня из соотношения диаметров отпечатков вычисляется прочность бетона.



КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА

В процессе укладки бетонной смеси лаборанты - технологи строительной лаборатории изготавливают контрольные кубики из бетона, которые затем твердеют в одних условиях с возводимой конструкцией. Контрольные образцы испытывают на прочность, водо- и морозостойкость. Результаты испытаний заносят в контрольные журналы.



Основные показатели качества бетонов

Показатели качества бетона	Классы, марки	Нормативно-технические документы по определению качества
По прочности на сжатие	B0,35; B0,5; B0,75; B1,0; B1,5; B2,0; B2,5; B3,5; B5; B10; B12,5; B15; B20; B22,5; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B65; B70; B75; B80; B85; B90	ГОСТ 10180; ГОСТ 17624; ГОСТ 22783; ГОСТ 28570; ГОСТ 18105
По прочности на осевое растяжение	$B_{t0,4}$; $B_{t0,8}$; $B_{t1,2}$; $B_{t1,6}$; $B_{t2,0}$; $B_{t2,8}$; $B_{t3,2}$; $B_{t3,4}$; $B_{t3,6}$; B_{t4}	-
По морозостойкости	F15; F25; F35; F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F800; F1000	ГОСТ 10060; ГОСТ 7025; ГОСТ 26134
По водонепроницаемости	W2; W4; W6; W8; W12; W14; W16; W18; W20	ГОСТ 12730.5
По средней плотности	D200; D300; D400; D500; D600; D700; D800; D900; D1000; D1100; D1200; D1300; D1400; D1500; D1600; D1700; D1800; D1900; D2000; D2200; D2400; D2600; D2800; D3000; D3500; D4000; D4500; D5000	ГОСТ 12730.2, ГОСТ 17623, ГОСТ 27005

ГОСТ 26663-2012 **Бетон тяжелый и мелкозернистый**. Технические условия (EN206-1:2000, NEQ) (с 01.01.2014) Полностью соответствует Евростандарту. ВЗАМЕН ГОСТ 26633-91

ГОСТ 26633-2012. П.3.3.1

- по прочности:

на классы прочности на сжатие в проектном возрасте: B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B70; B80; B90; **B100**.

Примечание - Допускается применение бетона промежуточных классов по прочности на сжатие B22,5 и B27,5;

на классы прочности на осевое растяжение: 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0;

на классы прочности на растяжение при изгибе: 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0; 4,4; 4,8; 5,2; 5,6; 6,0; 6,4; 6,8; 7,2; 8,0;

- по средней плотности: на тяжелый бетон марок D2000-D2500, мелкозернистый бетон марок D1800-D2300;

- по морозостойкости: на марки F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500, F600, F800, F1000;

- по водонепроницаемости: на марки W2, W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18, W20;

- по истираемости: на марки G1, G2, G3 (при испытании на круге истирания).

ГОСТ 26663-2012 расширил линейку классов бетона. Теперь максимальный класс бетона B100
Появились марки по истираемости тяжелого бетона.

**Основные показатели
качества бетонов**

Впервые введен ГОСТ 31914-2012 Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества (с 01.01.2014)

ГОСТ 31914-2010 четко определил, что является высокопрочным бетоном. Это бетоны, начиная с класса В60 и выше, то есть с марки 800 и выше. Это соответствует Евростандарту.

Ознакомиться с документом, входящим в информационно-справочные системы «Кодекс/Техэксперт» вы можете, [заказав бесплатную демонстрацию](#)

систем «Кодекс» и «Техэксперт».

Название документа:	ГОСТ 31914-2012 Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества
Номер документа:	31914-2012
Вид документа:	Государственный стандарт России
Принявший орган:	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Статус:	Действующий
Дата принятия:	27 декабря 2012
Дата начала действия:	01 января 2014

МАРКА	ОБОЗНАЧЕНИЕ					ПРИМЕЧАНИЕ
M600	БСТ В45	П5	F300	W16	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ
M600	БСТ В45	П5	F300	W16	С/У РК 50-70см.	Фр.щ.5-10 МБ МП
M700	БСТ В50	П5	F300	W18	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ
M700	БСТ В50	П5	F300	W18	С/У РК 50-70см.	Фр.щ.5-10 МБ МП
M800	БСТ В60	П5	F300	W20	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ
M800	БСТ В60	П5	F300	W20	С/У РК 50-70см.	Фр.щ.5-10 МБ МП
M1000	БСТ В75	П5	F300	W20	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ
M1000	БСТ В75	П5	F300	W20	С/У РК 50-70см.	Фр.щ.5-10 МБ МП
M1000	БСТ В80	П5	F300	W20	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ
M1000	БСТ В80	П5	F300	W20	С/У РК 50-70см.	Фр.щ.5-10 МБ МП
M1000	БСТ В85	П5	F300	W20	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ
M1000	БСТ В85	П5	F300	W20	С/У РК 50-70см.	Фр.щ.5-10 МБ МП
M1000	БСТ В95	П5	F300	W20	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ
M1000	БСТ В95	П5	F300	W20	С/У РК 50-70см.	Фр.щ.5-10 МБ МП
M1200	БСТ В100	П5	F300	W20	В/П ОК 21-25см	Фр.щ.5-10; 5-20 МБ

Силосы цемента



Силос для
заполнителя

Мешалка

Бетонный завод
(схема)



ДОЗИРОВКА
составляющих бетона
производится по массе в
кг с помощью
управляемых дозаторных
установок
Вода затворения, которая
не должна содержать
вредных для бетона
составляющих, измеряется
счетчиком воды в **м³**.

БЕТОН заказывается по **СВОЙСТВАМ**.

При этом переработчик бетона определяет требования, которым он должен соответствовать на основе ГОСТ . При этом для нормального бетона необходимо представить следующие данные.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

- ✓ Класс прочности на сжатие.
- ✓ Класс экспозиции.
- ✓ Номинальная величина наибольшего зерна заполнителя.
- ✓ Класс консистенции
- ✓ Вид применения бетона (например, неармированный бетон, железобетон, предварительно напряженный бетон).

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

- ✓ Вид цемента и класс цемента.
- ✓ Развитие прочности.
- ✓ Развитие тепла во время гидратации.
- ✓ Задержка твердения.
- ✓ Сопротивление проникновению воды.
- ✓ Сопротивление истиранию.
- ✓ Разрывная прочность на растяжение.
- ✓ Другие технические требования (например, особый метод укладки, особые требования по отделке поверхности).

БЕТОН заказывается **ПО СОСТАВУ**. Изготовитель гарантирует заказанный состав бетона. При этом заказчику следует представить следующие данные.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

- ✓ Требования по соответствию ГОСТ
- ✓ Содержание цемента.
- ✓ Вид цемента и класс прочности цемента.
- ✓ Величина В/Ц или класс консистенции.
- ✓ Вид заполнителя.
- ✓ Номинальная величина наибольшего зерна заполнителя.
- ✓ Применение добавок или дополнительных материалов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

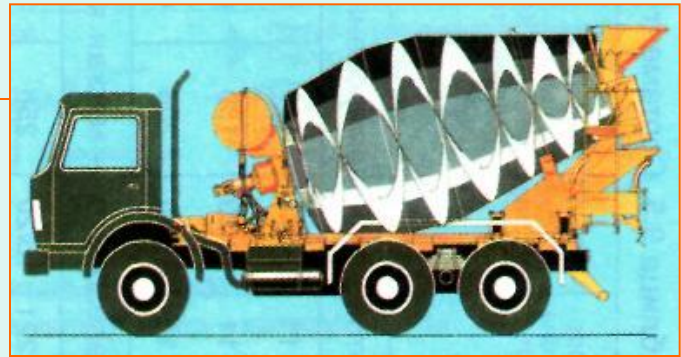
- ✓ Происхождение исходных материалов для бетона.
- ✓ Дополнительные требования к заполнителю.
- ✓ Требования к температуре свежего бетона при поставке.
- ✓ Другие технические свойства.

Транспортировка

Смешанный на заводе свежий бетон доставляется на стройплощадку в транспортных бетономешалках (автомиксерах)

Приготовленный на площадке бетон может перевозиться на стройплощадку в простых грузовиках - самосвалах.

Во время перевозки бетон следует защищать от вредных погодных воздействий (жара, холод, осадки, ветер). Особенно следует следить за тем, чтобы цементный клей не пропал.



КОНТРОЛЬ ПОСТАВЛЕННОГО БЕТОНА

- Перед разгрузкой автомиксера отбирается пробное количество свежего бетона для его испытания и проверяется его консистенция.
- Если консистенция бетона к моменту его передачи выше указанной в заказе, то бетон отправляется обратно.
- В случае бетонов жесткой консистенции **ГОСТ** допускает изменение консистенции. Это относится к внесению добавок и воды под ответственность изготовителя.
- Для этого автомиксер должен быть оборудован предназначенным для этой цели дозатором.
- После внесения добавок бетон должен быть снова перемешан. Дополнительное внесение добавок должно быть отмечено в накладной.

На площадке следует следить за тем, чтобы автомиксеры полностью освобождались от бетона не позже чем через 90 минут после первого добавления воды к цементу. При перевозке бетона в автомобилях без мешалки бетон жесткой консистенции должен разгружаться не позже чем через 45 минут после смешивания. При теплой погоде или сильном солнечном облучении это время должно быть сокращено, чтобы избежать высыхания бетона.